

(43)公開日 平成14年11月29日(2002.11.29)

テーマコード* (参考)

審査請求 未請求 請求項の数22 OL (全 14 頁) 最終頁に続く

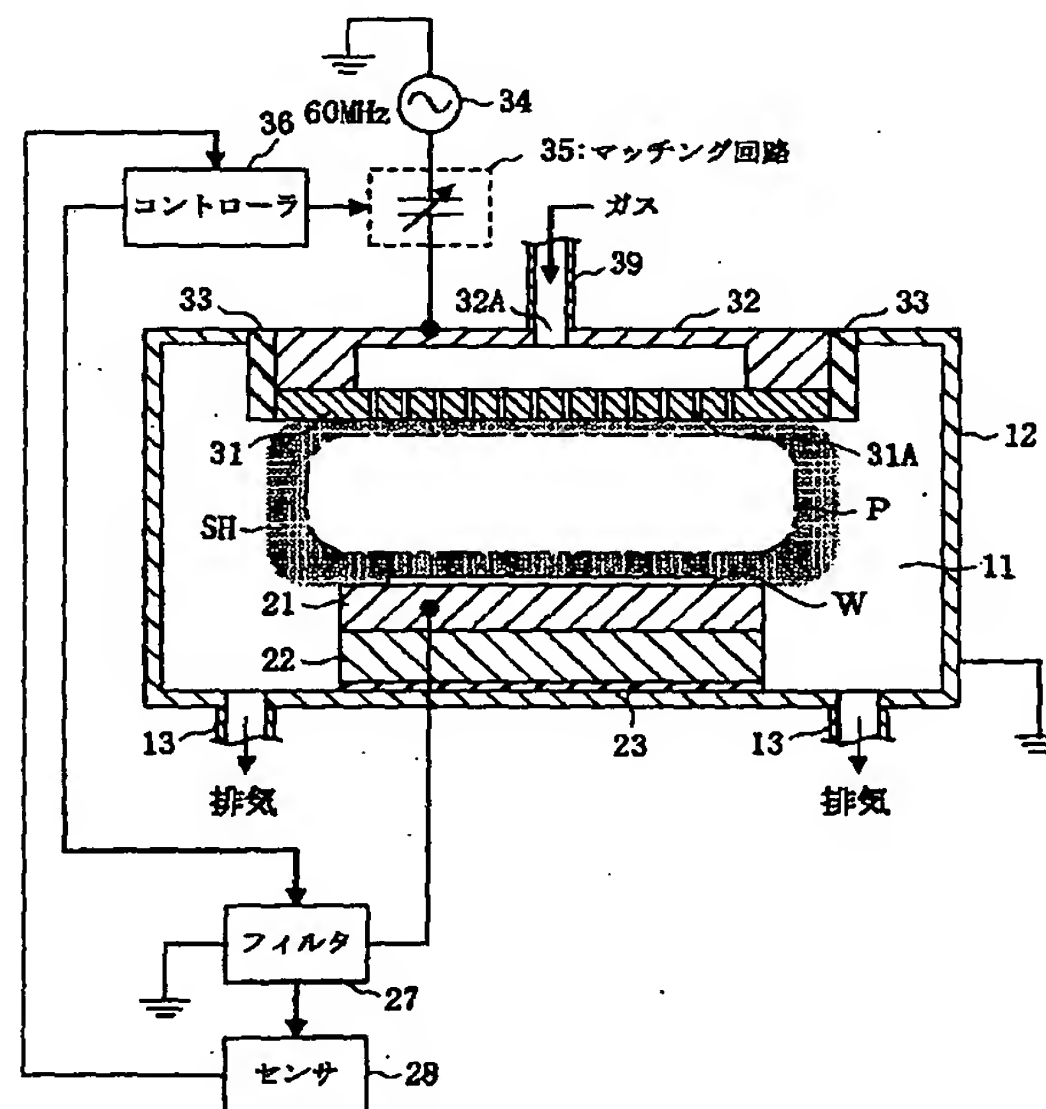
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置

(57) 【要約】

【課題】 プラズマ処理の目的に応じた好ましいプラズマ分布を実現する。

【解決手段】 サセプタ２１と接地との間に接続されインピーダンスが変更自在な第１のフィルタ２７と、処理室１１内で生成されたプラズマＰの状態に基づく電気信号を検出するセンサ２８と、このセンサ２８から出力される検出結果により第１のフィルタ２７のインピーダンスを制御する制御手段３６とを備える。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 気密な処理室内に配置され被処理体を置く載置面を有するサセプタと、このサセプタの載置面の対向位置に交流電界を発生させてプラズマを励起させる電界発生手段とを備えたプラズマ処理装置において、前記サセプタと接地との間に接続され回路特性が変更自在な第 1 のフィルタと、前記プラズマの状態を検出するセンサと、このセンサから出力される検出結果により前記第 1 のフィルタの回路特性を制御する制御手段とを備えたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 2】 請求項 1 項記載のプラズマ処理装置において、前記制御手段は、前記サセプタの載置面と対向する領域に分布するプラズマを最大とする第 1 の制御モードと前記処理室の内壁面に到達するプラズマを最大とする第 2 の制御モードとを多段階又は任意に切り換えるスイッチを有することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 3】 請求項 1 項記載のプラズマ処理装置において、前記制御手段は、複数の制御モードを切り換えることにより、前記処理室内に前記制御モードのそれぞれに対応した所定のプラズマ分布を実現することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 4】 請求項 3 項記載のプラズマ処理装置において、前記制御手段は、前記第 1 のフィルタの回路特性をプロセス中に変化させることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 5】 請求項 2 記載のプラズマ処理装置において、前記センサは、前記第 1 のフィルタに流れる電流の値を検出し、前記制御手段は、前記第 1 の制御モードが選択されている場合に、前記電流の値が大きくなる方向に制御し、前記第 2 の制御モードが選択されている場合に、前記電流の値が小さくなる方向に制御することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 6】 請求項 2 記載のプラズマ処理装置において、前記センサは、前記第 1 のフィルタにかかる電圧の値を検出し、前記制御手段は、前記第 1 の制御モードが選択されている場合に、前記電圧の値が小さくなる方向に制御し、前記第 2 の制御モードが選択されている場合に、前記電圧の値が大きくなる方向に制御することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 7】 請求項 2 記載のプラズマ処理装置において、前記センサは、前記処理室の内壁面の所定領域に到達するイオンの数を検出し、

前記制御手段は、前記第 1 の制御モードが選択されている場合に、前記イオンの数が少なくなる方向に制御し、前記第 2 の制御モードが選択されている場合に、前記イオンの数が多くなる方向に制御することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 8】 請求項 1 ～ 4 何れか 1 項記載のプラズマ処理装置において、前記制御手段は、前記センサから出力された検出結果を演算処理して得られた値に合わせて前記第 1 のフィルタの回路特性を制御することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 9】 請求項 1 記載のプラズマ処理装置において、前記サセプタに接続され前記サセプタと前記電界発生手段との間にバイアスを印加する電源と、前記電界発生手段と前記接地との間に接続され回路特性が変更自在な第 2 のフィルタとを更に備え、前記制御手段は、前記センサから出力される検出結果により前記第 2 のフィルタの回路特性を制御することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 10】 請求項 9 記載のプラズマ処理装置において、前記センサは、前記第 2 のフィルタに流れる電流の値を検出し、前記制御手段は、前記電流の値が大きくなる方向に制御することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 11】 請求項 9 記載のプラズマ処理装置において、前記センサは、前記第 2 のフィルタにかかる電圧の値を検出し、前記制御手段は、前記電圧の値が小さくなる方向に制御することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 12】 請求項 9 記載のプラズマ処理装置において、前記センサは、前記処理室の内壁面の所定領域に到達するイオンの数を検出し、前記制御手段は、前記イオンの数が少なくなる方向に制御することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 13】 請求項 9 記載のプラズマ処理装置において、前記制御手段は、前記センサから出力された検出結果を演算処理して得られた値に合わせて前記第 1 及び第 2 のフィルタの回路特性を制御することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 14】 請求項 1 記載のプラズマ処理装置において、前記制御手段は、前記処理室内における異常放電の発生が抑制されるように前記第 1 のフィルタの回路特性を適宜制御することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 15】 請求項 9 記載のプラズマ処理装置にお

いて、

前記制御手段は、前記処理室内における異常放電の発生が抑制されるように前記第 1 及び第 2 のフィルタの回路特性を適宜制御することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 16】 請求項 1～8 及び 14 何れか 1 項記載のプラズマ処理装置において、
前記第 1 のフィルタは、1000 pF 以下の容量又は 5 μ H 以上のインダクタンスを有していることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 17】 請求項 9～13 及び 15 何れか 1 項記載のプラズマ処理装置において、
前記第 1 及び第 2 のフィルタは、1000 pF 以下の容量又は 5 μ H 以上のインダクタンスを有していることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 18】 請求項 1～17 何れか 1 項記載のプラズマ処理装置において、
前記第 1 のフィルタは、直流成分の通過を阻止する第 1 のモジュールと、前記交流電界の周波数に対する回路定数を変更自在な第 2 のモジュールとを有することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 19】 請求項 9～13, 15, 17 何れか 1 項記載のプラズマ処理装置において、
前記第 1 のフィルタは、直流成分の通過を阻止する第 1 のモジュールと、前記交流電界の周波数に対する回路定数を変更自在な第 2 のモジュールと、前記バイアスの周波数成分の通過を阻止する第 3 のモジュールとを有することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 20】 請求項 9～13, 15, 17, 19 何れか 1 項記載のプラズマ処理装置において、
前記第 2 のフィルタは、直流成分の通過を阻止する第 1 のモジュールと、前記バイアスの周波数に対する回路定数を変更自在な第 2 のモジュールと、前記高周波電界の周波数成分の通過を阻止する第 3 のモジュールとを有することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 21】 請求項 19 記載のプラズマ処理装置において、
前記第 1 のフィルタは、前記第 1 及び第 2 のモジュールと前記第 3 のモジュールとの間を静電的又は電磁的に遮蔽する遮蔽板を有することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 22】 請求項 20 記載のプラズマ処理装置において、
前記第 2 のフィルタは、前記第 1 及び第 2 のモジュールと前記第 3 のモジュールとの間を静電的又は電磁的に遮蔽する遮蔽板を有することを特徴とするプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、プラズマを生成し

て所定の処理を行うプラズマ処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体装置やフラットパネルディスプレイの製造において、酸化膜の形成や半導体層の結晶成長、エッチング、またアッシングなどの処理を行うために、プラズマ処理装置が多用されている。このプラズマ処理装置をエッチング装置に適用した例を説明する。図 9 は、従来のプラズマ処理装置を用いたエッチング装置の一構成例を示す図である。処理室 511 内には、ウェーハ W を置く載置面を有するサセプタ 521 と、このサセプタ 521 の載置面に平行に上部電極 531 とが配置されている。サセプタ 521 は下部電極を兼ねている。処理室 511 の底部には、処理室 511 内を所定の真空度に排気するための排気口 513 が設けられ、処理室 511 の側壁には、処理室 511 内にプロセスガスを供給するためのガス供給ノズル 514 が設けられている。

【0003】上部電極 531 には、マッチング回路 535 を介して、例えば 60 MHz の高周波電力を出力する高周波電源 534 が接続されている。電源 534 から上部電極 531 に周波数が 60 MHz の高周波電力の供給が開始されると、上部電極 531 とサセプタ 521 との間の空間に周波数が 60 MHz の電界が形成される。この電界はノズル 514 から供給されたガスを電離させてプラズマ P を生成し、このプラズマ P がサセプタ 521 の載置面上に置かれたウェーハ W のエッチングに利用される。

【0004】エッチング処理を行う場合には、プラズマ P の分布が処理室 511 全体に広がらず、サセプタ 521 の載置面上に高密度に分布していることが望ましい。エッチング処理を効率的に行えと共、プラズマ P による処理室 511 の内壁面へのエッチングを抑制して処理室 511 の寿命を延ばせるからである。そこで、このエッチング装置では、サセプタ 521 と接地との間に、LC 直列共振回路からなるフィルタ 527 を挿入している。このフィルタ 527 の共振周波数は、上部電極 531 に供給される高周波電力の周波数と同じ 60 MHz に設計されている。例えば、 $L = 0.07 \mu\text{H}$ 、 $C = 100 \text{ pF}$ とすることにより、フィルタ 527 の共振周波数を 60 MHz とすることができる。このフィルタ 527 の周波数特性は図 10 において実線で示すようになり、そのインピーダンスは 60 MHz で最小となる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、プラズマ P が発生すると、プラズマバルクと上部電極 531 又はサセプタ 521 との間にイオンシース SH ができる。このイオンシース SH の層では電界が形成されるので、プラズマ P の発生によって上部電極 531 とサセプタ 521 との間に新たに容量が発生する。例えば、シース SH により 200 pF の容量が発生したとすると、フィルタ 527 の共振周波数を上述したように 60 MHz に設計して

も、上部電極 531 からサセプタ 521 及びフィルタ 527 を経て接地に至る第 1 の経路の周波数特性は図 10 において点線で示すようになり、第 1 の経路の共振周波数は 74MHz となる。したがって、従来のようにイオンシース SH の影響を考慮せずにフィルタ 527 を設計しても、プラズマ P 発生時に高周波電力の周波数で共振がとれないので、第 1 の経路のインピーダンスを十分小さくすることができなかった。このため、プラズマ P をサセプタ 521 の載置面上に十分に集中させることができないという問題があった。

【0006】また、上部電極 531 に供給する高周波電力の電力値、処理室 511 内の圧力、プロセスガスの種類又は混合比等のプロセス条件を変えると、上述したイオンシース SH による容量も変化する。このため、仮に所定のプロセス条件下でプラズマを生成したときにできるイオンシース SH の影響を考慮した上でフィルタ 527 を設計したとしても、それと異なるプロセス条件下では高周波電力の周波数（例えば 60MHz）で共振がとれないという問題があった。

【0007】また、上述したようにエッチング処理を行う場合にはプラズマ P をサセプタ 521 の載置面上に集中的に分布させたほうがよいが、処理室 511 内部のクリーニングを行う場合にはむしろプラズマ P を処理室 511 全体に拡散させた方がよい。このように処理の目的に応じて好ましいプラズマ分布が異なるのであるが、従来はエッチング処理用にフィルタ 527 が設計され、その特性が固定されていたので、好ましい条件で処理室 511 内部のクリーニングを行うことができないという問題があった。

【0008】また、エッチングプロセス中に処理室 511 の内壁面等に付着した堆積物が剥がれてパーティクルになると、そのパーティクルがウェーハ W 上に付着し、ウェーハ W に形成される素子の歩留まり低下の原因となる。したがって、処理室 511 の内壁面等には堆積物がまったく付着しないか、付着するにしてもプロセス中に剥がれないように安定して付着することが望ましい。しかし、堆積物の付着状態は上述したようなプロセス条件によって変化する。このため、プロセス条件を変更して処理を行なった場合に、堆積物の付着状態が変化してパーティクルが発生し、このパーティクルが原因で歩留まりが低下することがあった。以上の問題はプラズマ処理装置をエッチング装置に適用した場合に限らず、プラズマ処理装置に共通の問題である。

【0009】本発明はこのような課題を解決するためになされたものであり、その目的は、プラズマ処理の目的に応じて好ましいプラズマ分布を実現することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】このような目的を達成するために、本発明は、処理室内に配置され被処理体を置くためのサセプタと接地との間に接続され回路特性が変

更自在な第 1 のフィルタと、処理室内で生成されたプラズマの状態を検出するセンサと、このセンサから出力される検出結果により第 1 のフィルタの回路特性を制御する制御手段とを備えたことを特徴とする。これにより、サセプタの載置面の対向位置に交流電界を発生させる電界発生手段からサセプタ及びフィルタを経て接地に至る第 1 の経路のインピーダンスをプラズマの状態に応じて調整することができる。ここで、制御手段は、例えばエッチング又は CVD などの処理を行うためにサセプタの載置面と対向する領域に分布するプラズマを最大とする場合には、第 1 の経路のインピーダンスが小さくなる方向に第 1 のフィルタの回路特性を制御するとよい（このモードを第 1 の制御モードと呼ぶ）。また、処理室内部のクリーニングを行うために、プラズマを処理室全体に拡散させ、処理室の内壁面に到達するプラズマを最大とする場合には、上記第 1 の経路のインピーダンスが大きくなる方向に第 1 のフィルタの回路特性を制御するとよい（このモードを第 2 の制御モードと呼ぶ）。このようにプラズマの状態を検出し、その検出結果に基づいて第 1 のフィルタの回路特性を制御することにより、プラズマが発生してイオンシースができ、またこのイオンシースの状態が変化しても、その影響を受けずに、プラズマ処理に適したプラズマ分布を実現することができる。なお、平行平板型のプラズマ処理装置の場合、電界発生手段は、サセプタの載置面と平行に配置された対向電極と、この電極に高周波電力を供給する電源とからなる。また、センサは、例えば、第 1 のフィルタを流れる電流の値、第 1 のフィルタにかかる電圧の値、上記電流と電圧との位相差、対向電極に流れる電流の値、対向電極にかかる電圧の値、第 1 のフィルタの電流・電圧と対向電極の電流・電圧との位相差などを検出するものであればよい。また、処理室の壁（サセプタ及び対向電極を除く）や窓に取り付けたセンサの出力信号を第 1 のフィルタの制御に用いてもよい。また、これらを共用してもよい。

【0011】また、制御手段は、第 1 の制御モードと第 2 の制御モードとを多段階又は任意に切り換えるスイッチを有するにしてもよい。この 2 つの制御モードをスイッチを切り換えることで実現できるので、エッチングなどの処理のみならずクリーニングをも好ましい状態で行うことができる。

【0012】また、制御手段は、複数の制御モードを切り換えることにより、処理室内に各制御モードに対応した所定のプラズマ分布を実現するようにしてもよい。これにより、プロセス条件が変更され、処理室の内壁面への堆積物の付着状態が変化しても、それに応じて処理室の内壁面に到達するプラズマの量を調整することで、堆積物が剥離してパーティクルになることを抑制できる。ここで、制御手段は、第 1 のフィルタの回路特性をプロセス中に変化させるという機能を有していてもよい。例

例えば、処理室の内壁面に到達するプラズマの量を周期的に変化させてもよいし、処理室の壁の温度等に基づいて内壁面に到達するプラズマの量を変化させてもよい。これにより、処理室の内壁面に付着する堆積物を安定させることができる。

【0013】また、センサが第1のフィルタに流れる電流の値を検出するものである場合、制御手段は、第1の制御モードが選択されていると、電流の値が大きくなる方向に第1のフィルタの回路特性を制御し、第2の制御モードが選択されていると、電流の値が小さくなる方向に第1のフィルタの回路特性を制御するようにしてもよい。また、センサが第1のフィルタにかかる電圧の値を検出するものである場合、制御手段は、第1の制御モードが選択されていると、電圧の値が小さくなる方向に第1のフィルタの回路特性を制御し、第2の制御モードが選択されていると、電圧の値が大きくなる方向に第1のフィルタの回路特性を制御するようにしてもよい。

【0014】また、センサが処理室の内壁面の所定領域に到達するイオンの数を検出するものである場合、制御手段は、第1の制御モードが選択されていると、イオンの数が少なくなる方向に第1のフィルタの回路特性を制御し、第2の制御モードが選択されていると、イオンの数が多くなる方向に第1のフィルタの回路特性を制御するようにしてもよい。また、制御手段は、単一又は複数のセンサから出力された検出結果を演算処理して得られた値に合わせて第1のフィルタの回路特性を制御するようにしてもよい。これにより、検出結果をそのまま制御に使用する場合よりも、適切な制御が可能となる。

【0015】また、本発明は、サセプタに接続されサセプタと電界発生手段との間にバイアスを印加する電源と、電界発生手段と接地との間に接続され回路特性が変更自在な第2のフィルタとを更に備え、制御手段は、センサから出力される検出結果により第2のフィルタの回路特性を制御するようにしてもよい。サセプタと電界発生手段との間にバイアスを印加することにより、プラズマのエネルギー及び異方性を制御することができる。このとき、サセプタから電界発生手段及び第2のフィルタを経て接地に至る第2の経路のインピーダンスをプラズマの状態に応じて調整できるので、プラズマが発生してイオンシースができ、またこのイオンシースの状態が変化しても、その影響を受けずに、正確な制御ができる。ここで、センサは、例えば、第2のフィルタに流れる電流の値、第2のフィルタにかかる電圧の値、上記電流と電圧との位相差、サセプタに流れる電流の値、サセプタにかかる電圧の値、第2のフィルタの電流・電圧とサセプタの電流・電圧との位相差などを検出するものであればよい。また、処理室の壁（サセプタ及び対向電極を除く）や窓に取り付けたセンサの出力信号を第2のフィルタの制御に用いてもよい。また、これらを共用してもよい。

【0016】センサが第2のフィルタに流れる電流の値を検出するものである場合、制御手段は、電流の値が大きくなる方向に第2のフィルタの回路特性を制御するようにしてもよい。また、センサが第2のフィルタにかかる電圧の値を検出するものである場合、制御手段は、電圧の値が小さくなる方向に第2のフィルタの回路特性を制御するようにしてもよい。また、センサが処理室の内壁面の所定領域に到達するイオンの数を検出するものである場合、制御手段は、イオンの数が少なくなる方向に第2のフィルタの回路特性を制御するようにしてもよい。また、制御手段は、単一又は複数のセンサから出力された検出結果を演算処理して得られた値に合わせて第1及び第2のフィルタの回路特性を制御するようにしてもよい。これにより、検出結果をそのまま制御に使用する場合よりも、適切な制御が可能となる。

【0017】また、制御手段は、処理室内における異常放電の発生が抑制されるように、第1のフィルタの回路特性を適宜制御するようにしてもよい。あるいは、処理室内における異常放電の発生が抑制されるように、第1及び第2のフィルタの回路特性を適宜制御するようにしてもよい。

【0018】また、第1のフィルタは、 $5\mu\text{H}$ 以上のインダクタンス又は 1000pF 以下の容量を含むように構成されてもよい。あるいは、第1及び第2のフィルタは、 $5\mu\text{H}$ 以上のインダクタンス又は 1000pF 以下の容量を含むように構成されてもよい。これにより、プロセス条件に応じてイオンシースによるインダクタンス及び容量が変化した場合でも、フィルタの回路特性をごくわずかに変化させるだけで、又は変化させなくても、容易に上記第1、第2の経路のインピーダンスをプラズマの状態に応じて調整することができる。

【0019】また、第1のフィルタは、直流成分の通過を阻止する第1のモジュールと、交流電界の周波数に対する回路定数が変更自在な第2のモジュールとを有するようにしてもよい。さらに、サセプタにバイアス用電源が接続されている場合には、第1のフィルタは、バイアスの周波数成分の通過を阻止する第3のモジュールとを有するようにしてもよい。この場合、第1のフィルタは、第1及び第2のモジュールと第3のモジュールとの間を静電的又は電磁的に遮蔽する遮蔽板を有するようにしてもよい。また、第2のフィルタは、直流成分の通過を阻止する第1のモジュールと、バイアスの周波数に対する回路定数が変更自在な第2のモジュールと、高周波電界の周波数成分の通過を阻止する第3のモジュールとを有するようにしてもよい。この場合、第2のフィルタは、第1及び第2のモジュールと第3のモジュールとの間を静電的又は電磁的に遮蔽する遮蔽板を有するようにしてもよい。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、本発明の

実施の形態を詳細に説明する。ここでは、本発明をエッチング装置に適用した場合を例に説明する。

(第1の実施の形態) 図1は、本発明の第1の実施の形態であるエッチング装置の構成を示す図である。この図では一部構成について断面構造が示されている。

【0021】このエッチング装置の処理室11は、気密に閉塞自在な円筒形状の処理容器12内に形成される。この処理容器12は、アルミニウムなどの導電材料で形成されている。処理容器12の底部には、真空ポンプ

(図示せず)に通ずる排気口13が設けられており、処理室11を所望の真空度にすることができる。また、処理容器12の底部には、絶縁板23を介して支持台22が設けられており、この支持台22上に円柱状のサセプタ21が固定されている。このサセプタ21はエッチング対象のウェーハ(被処理体)Wを置くための水平な載置面を有している。サセプタ21は下部電極を兼ねており、アルミニウムなどの導電材料で形成される。

【0022】処理室11の上部空間には、複数の貫通孔31Aが設けられた円盤状の上部電極31が、サセプタ21の載置面と平行に配置されている。この上部電極31は単結晶シリコンなどの導電材料で形成され、支持体32の下部に固定されている。支持体32はアルミニウムなどの導電材料で形成され、上部電極31を底面として内部に中空円柱を構成している。そして、絶縁リング33を介して処理容器12の上部開口を閉塞するように取り付けられている。支持体32の上面中央にはガス導入口32Aが設けられ、このガス導入口32Aにはガス導入管39が接続されている。このガス導入管39からAr及びO₂などのプロセスガスが導入される。

【0023】また、上部電極31と同電位の支持体32には高周波電源34が接続されている。この高周波電源34は、数十MHz程度の周波数で、電力値が5kW程度の高周波電力を出力するものであればよい。ここでは周波数が60MHz、電力値が3.3kWの高周波電力を出力するものとする。また、この高周波電源34と支持体32との間には、これらのインピーダンスを整合させるマッチング回路35が接続されている。このマッチング回路35は例えば可変コンデンサで構成され、その容量はコントローラ36で制御される。

【0024】一方、サセプタ21は、リアクタンスが変更自在な共振回路からなる第1のフィルタ27を介して接地されている。上部電極31からサセプタ21及びフィルタ27を経て接地に至る経路を第1の経路と呼ぶ。フィルタ27のリアクタンスを変更することにより、上部電極31に供給される高周波電力の周波数(60MHz)に対する第1の経路のインピーダンスを調整することができる。さらに、処理室11内で発生するプラズマPの状態に基づいてフィルタ27に流れる電気信号を検出するセンサ28と、このセンサ28から出力される検出結果によりフィルタ27のリアクタンスを制御する制

御手段が設けられている。図1に示したエッチング装置では、フィルタ27の制御手段の機能をマッチング回路35のコントローラ36にもたせているが、フィルタ27の制御手段を別個に設けてもよい。

【0025】ここで、フィルタ27について更に説明する。図2は、フィルタ27の構成を示す回路図である。このフィルタ27は、直流成分の通過を阻止する第1のモジュール27Aと、上部電極31に供給される高周波電力の周波数に対するリアクタンスが変更自在な第2のモジュール27Bとを有している。高周波電源34から上部電極31に高周波電力を供給すると、サセプタ21には数百V程度の直流電圧が発生する。第1のモジュール27Aは例えばコンデンサ27pからなり、サセプタ21から接地への直流成分の通過を阻止することにより、直流成分の短絡を防止できる。

【0026】一方、第2のモジュール27Bは、例えばコイル27rとコンデンサ27qとの直列回路(LC直列共振回路)で構成される。この場合、コイル27rのインダクタンス及びコンデンサ27qの容量の少なくとも一方を可変とすればよい。ここではコイル27rのインダクタンスを可変とし、コンデンサ27qの容量を固定とする。なお、第2のモジュール27Bが図2に示すようなLC直列共振回路の場合には、第2のモジュール27Bのコンデンサ27qで第1のモジュール27Aのコンデンサ27pを兼ねてもよい。

【0027】フィルタ27のインダクタンスL(すなわち、コイル27rのインダクタンス)と容量C(すなわち、コンデンサ27p、27qの合成容量)とからなるリアクタンスは、イオンシースSHによるインダクタンスL_{SH}及び容量C_{SH}や、処理容器12及び電極(サセプタ21、上部電極31)の構造を考慮し、所定のプロセス条件の下で上記第1の経路の共振周波数f₁が上部電極31に供給される高周波電力の周波数(60MHz)と等しくなり、その周波数に対するインピーダンスが最小となるように設計される。ただし、プロセス条件に応じてイオンシースSHによるインダクタンスL_{SH}及び容量C_{SH}が変化した場合でも上記第1の経路のインピーダンスを最小とすることができるように、また処理室11内部のクリーニングの際には上記第1の経路のインピーダンスを十分大きくできるように、フィルタ27のリアクタンスの範囲が設定される。

【0028】例えば、次のようなプロセス条件の下でフィルタ27を設計する。

- ・高周波電力の周波数：60MHz、電力値：1.0～5.0kW
- ・処理圧力：0.6～10Pa
- ・プロセスガス：Ar＝100～500sccm、O₂＝5～15sccm

(sccm＝standard cubic centimeter per minute)

この条件の下でプラズマPを発生させたときにできるイ

オンシース SH による容量 C_{SH} は、およそ 100 ~ 300 pF である。一方、フィルタ 27 を含む第 1 の経路の

$$f_1 = 1/[2\pi(LC_1)^{1/2}]$$

$$C_1 = C + C_{SH}/(C + C_{SH})$$

$C_{SH} = 200$ pF の場合に $f_1 = 60$ MHz とするために、 $C = 200$ pF、 50 nH $\leq L \leq 110$ nH とする。

【0029】あるいは、イオンシース SH によるインダクタンス L_{SH} の変動範囲上限よりも十分に大きい固定インダクタンス L 、又はイオンシース SH による容量 C_{SH} の変動範囲下限よりも十分に小さい固定容量 C を用いて、フィルタ 27 を構成してもよい。この場合、例えば、固定インダクタンス L を 5μ H 以上、固定容量 C を 1000 pF 以下とするとよい。これにより、プロセス条件に応じてイオンシース SH によるインダクタンス L_{SH} 及び容量 C_{SH} が変化した場合でも、それに影響されることなく、上記第 1 の経路のインピーダンスを最小又は十分大きくできるように、フィルタ 27 のリアクタンスの範囲を設定することができる。なお、フィルタ 27 をコンデンサ 27 q のみで構成し、このフィルタ 27 を介してサセプタ 21 を接地に接続する配線のインダクタンスを利用して LC 共振回路を構成するようにしてもよい。

【0030】次に、センサ 28 について更に説明する。図 3 は、センサ 28 の構成を示す図である。このセンサ 28 は、フィルタ 27 に流れる電流の値を検出してコントローラ 36 に出力する高周波電流センサ 28 A と、フィルタ 27 にかかる電圧の値を検出してコントローラ 36 に出力する高周波電圧センサ 28 B とから構成されている。電流センサ 28 A 及び電圧センサ 28 B の出力側に、60 MHz のみを通過させるフィルタ（図示せず）を挿入することにより、上部電極 31 に供給される高周波電力の周波数のみを正確に検出することができる。

【0031】次に、フィルタ 27 の制御手段としてのコントローラ 36 について更に説明する。センサ 28 が電流センサ 28 A と電圧センサ 28 B とから構成される場合、コントローラ 36 は、センサ 28 が検出した電流及び電圧から両者の位相差を求めてフィルタ 27 の消費電力値を算出する機能と、検出した電流値又は電圧値と算出した電力値とを基にフィルタ 27 のリアクタンスを制御する機能とを有している。あるいは、処理容器 12 の高周波の等価回路をコントローラ 36 に予め記憶させておき、フィルタ 27 の出力によりサセプタ 21 と処理容器 12 の側壁にゆく電流を算出し、フィルタ 27 のリアクタンスを制御する機能をもたせてもよい。フィルタ 27 のリアクタンス制御については、それ単独で行ってもよいし、所定のシーケンスにしたがいマッチング回路 35 の容量制御と組み合わせて行ってもよい。

【0032】また、コントローラ 36 は、サセプタ 21 の載置面と対向する領域に分布するプラズマ P が最大と

共振周波数 f_1 は、次のように表される。

$$\dots (1)$$

$$\dots (2)$$

なるように制御する第 1 の制御モードと、処理室 11 の内壁面に到達するプラズマ P が最大となるように制御する第 2 の制御モードとを切り換えるスイッチ（図示せず）を有している。第 1 の制御モードはエッチング処理を行うときに選択され、第 2 の制御モードはクリーニングを行う場合にときに選択される。

【0033】コントローラ 36 は、第 1 の制御モードが選択されると、上部電極 31 に供給される高周波電力の周波数に対する第 1 の経路のインピーダンスが最小になるようにフィルタ 27 のリアクタンスを制御する。例えば、フィルタ 27 を通過する電流の値が最大となるようにフィルタ 27 の容量 C を制御する。また、第 2 の制御モードが選択されると、高周波電力の周波数に対する第 1 の経路のインピーダンスが十分大きくなるようにフィルタ 27 のリアクタンスを制御する。例えば、フィルタ 27 を通過する電流の値が十分小さくなるようにフィルタ 27 の容量 C を制御する。

【0034】このように、フィルタ 27 を通過する電流の値自体を基に制御してもよいが、サセプタ 21 からインシュレータ（図示せず）などの他の部材や回路に流れる電流も考慮に入れて、サセプタ 21 に入射する全電流を見積もり制御する方が好ましい。なお、フィルタ 27 にかかる電圧の値がそれぞれ大きく又は小さくなるように、フィルタ 27 のリアクタンスを制御してもよい。

【0035】以上のように、検出した電流値又は電圧値のように、センサ 28 から出力された検出結果をそのまま制御に使用してもよいが、その検出結果を所定のモデルにあてはめ演算処理して得られた値を制御に使用してもよい。ここでいうモデルとは、例えばフィルタ 27 を通過する電流の値から、そのときの処理室 11 内におけるプラズマ分布を示す指数を算出する計算式である。このモデルを用いることで、より適切な制御が可能となる。

【0036】次に、図 1 に示したエッチング装置の動作について説明する。エッチング処理時の動作から説明する。まず、ウェーハ W をサセプタ 21 の載置面に置いた状態で、処理室 11 内を例えば 2.7 Pa 程度の真空度にする。この真空度を維持しつつ、ガス導入管 39 から支持体 32 と上部電極 31 との間に空間に Ar 及び O_2 をそれぞれ 400 sccm の流量で導入する。このガスは上記空間を広がり、上部電極 31 に複数設けられた貫通孔 31 A から処理室 11 内に供給される。このとき処理室 11 内に供給されたガスは、ウェーハ W の被処理面に対して均一に吐出される。

【0037】この状態で高周波電源 34 から周波数が 60 MHz、電力値が 3.3 kW の高周波電力を上部電極

31に供給する。この高周波電力は処理室11内に周波数が60MHzの交流電界を形成し、サセプタ21又は処理容器12から接地に抜ける。処理室11内に形成された電界は、処理室11内に供給されたガスを電離させてプラズマPを生成する。このときプラズマPの外周部に電界を伴うイオンシースSHができ、このイオンシースSHにより上部電極31とサセプタ21との間に新たにおよそ200pFの容量 C_{sh} が発生する。

【0038】プラズマPが安定するのを待ち、センサ27は、サセプタ21と接地との間に介在するフィルタ27に流れる電流の値と、このフィルタ27の両端にかかる電圧の値を検出して、コントローラ36に出力する。コントローラ36は検出された電流値と電圧値とから電力の値を算出する。コントローラ36においてはエッチング処理に適した第1の制御モードが選択されているので、コントローラ36は検出された電流値が大きくなる方向にフィルタ27のリアクタンスを制御して、上部電極31からサセプタ21及びフィルタ27を経て接地に至る第1の経路のインピーダンスを小さくする。

【0039】図4は、フィルタ27を含む上記第1の経路の周波数特性を示す図であり、共振周波数 f_1 が60MHzである特性を実線で、74MHzである特性を破線で示している。この図からも分かるように、60MHzに対する上記第1の経路のインピーダンスは第1の経路の共振周波数 f_1 が60MHzのとき最小となる。したがって、第1の経路の共振周波数が60MHzとなるようにフィルタ27の容量Cは制御される。フィルタ27の容量Cが200pFであり、イオンシースSHの影響でおよそ100～300pFの容量 C_{sh} が発生している状況下では、(1)式及び(2)式から分かるように、フィルタ27のインダクタンスLはおよそ50～110nHの範囲で調整される。なお、センサ28による検出と、この検出結果に基づくコントローラ36によるフィルタ27の制御は、1回行なった後で固定するようにしてもよいし、随時繰り返し行うようにしてもよい。

【0040】このように、フィルタ27を通過する電流に基づいて上記第1の経路の60MHzに対するインピーダンスが最小となるように制御することにより、上部電極31に供給された高周波電力のうち処理容器12に向かう割合が従来よりも減少し、サセプタ21に向かう割合が更に増大する。これにより、この高周波電力により生成されるプラズマPの分布は処理室11全体に広がらず、サセプタ21の載置面上に集中するので、このプラズマPを利用したウェーハWのエッチング処理を従来よりも効率よく行うことができる。また、処理容器12の内壁面に到達するプラズマPが従来より減少するので、プラズマPによる処理容器12の内壁面へのエッチングを抑制して、処理容器12の寿命を延ばすことができると共に、パーティクルの発生を低減することができる。

【0041】次に、異なるプロセス条件の下でエッチング処理を行う場合について説明する。例えば、プロセス条件を次のように変更する。

- ・高周波電力の周波数：60MHz、電力値：1.0～1.5kW
- ・処理圧力：2.7Pa
- ・プロセスガス：Ar=300～400sccm、O₂=5～20sccm

この条件の下ではイオンシースSHによりおよそ300～400pFの容量 C_{sh} が発生するので、上述したのと同様の制御によりフィルタ27のインダクタンスLをおよそ50～60nHの範囲で調整することで、上記第1の経路の共振周波数を60MHzにして、60MHzに対する上記第1の経路のインピーダンスを最小にすることができる。したがって、プロセス条件を変更してイオンシースSHの状態が変化した場合でも、そのプロセス条件に合わせて設計されたフィルタを用意することなく、エッチング処理に適したプラズマ分布を実現することができる。

【0042】次に、処理室11内部のクリーニングについて説明する。プラズマPの生成、フィルタ27の消費電力値の算出までの動作は、エッチング処理の場合と同じである。クリーニングを行う場合には、コントローラ36において第2の制御モードが選択されているので、コントローラ36は検出された電流の値が小さくなる方向にフィルタ27のリアクタンスを制御して、上部電極31からサセプタ21及びフィルタ27を経て接地に至る第1の経路のインピーダンスを大きくする。

【0043】図4からも分かるように、60MHzに対する上記第1の経路のインピーダンスは第1の経路の共振周波数 f_1 が60MHzから離れるにしたがって大きくなる。したがって、ここでは第1の経路の共振周波数が60MHz（励起周波数）から大きく離れるようにフィルタ27のインダクタンスLを制御する。高い周波数又は低い周波数に第1の経路の共振をもつてきてもよい。

【0044】このように、フィルタ27を通過する電流に基づいて上記第1の経路の60MHzに対するインピーダンスが大きくなるように制御することにより、上部電極31に供給された高周波電力のうちサセプタ21に向かう割合が減少し、処理容器12に向かう割合が増大する。これにより、この高周波電力により生成されるプラズマPの分布は処理室11全体に広がり、処理室11の内壁面に到達するプラズマPが増大するので、処理室11内部のクリーニングを効率よく行うことができる。このように、コントローラ36はスイッチにより2つの制御モードが切替可能であるので、エッチング処理のみならずクリーニングをも好ましい状態で行うことができる。

【0045】なお、図1に示したエッチング装置におい

て、電圧センサ 28B は、フィルタ 27 の一部の構成であるコンデンサ 27p, 27q 又はコイル 27r のみにかかる電圧の値を検出するようにしてもよい。また、センサ 28 を電流センサ 28A のみで構成してもよい。この場合、コントローラ 36 は、フィルタ 27 に流れる電流の値が大きく又は小さくなる方向に、フィルタ 27 のリアクタンスを制御する。この場合も、サセプタ 21 に入射する全電流を見積もり制御する方が好ましい。また、フィルタ 27 はリアクタンスが変更自在であるとしたが、抵抗分を含めた回路特性が変更自在であればよい。また、上記第 1 の経路のインピーダンスを最小とするためには、必ずしも共振周波数を用いなくてもよく、結果としてインピーダンスが最小とすることができればよい。

【0046】（第 2 の実施の形態）図 5 は、本発明の第 2 の実施の形態であるエッチング装置の構成を示す図である。この図において、図 1 と同一部分を同一符号をもって示し、適宜その説明を省略する。図 5 に示したエッチング装置は、処理室 11 内で発生するプラズマ P の状態を検出するセンサとして、処理容器 12 の内壁面に設置された四電極質量分析装置（以下、QMS と略記する）29 を用いている。QMS 29 は、処理容器 12 の内壁面の所定領域に到達するプラズマイオンの数を検出するものである。

【0047】QMS 29 による検出結果はコントローラ 36A に出力される。このコントローラ 36A は、処理容器 12 の内壁面に設置された QMS 29 による検出結果に基づいてフィルタ 27 のリアクタンスを制御することを除き、図 1 に示したコントローラ 36 と同様の機能を有している。コントローラ 36A は、ウェーハ W のエッチング処理に適した第 1 の制御モードが選択されると、QMS 29 が検出するイオンの数、すなわち処理容器 12 の内壁面に到達するイオンの数が少なくなる方向にフィルタ 27 のリアクタンスを制御する。これにより、プラズマ P は処理室 11 全体に広がることなく、サセプタ 21 の載置面と対向する領域に高密度で分布することになるので、図 1 に示したエッチング装置と同様に、エッチング処理を従来よりも効率よく行うことができ、また処理容器 512 の寿命を延ばすことができる。

【0048】また、コントローラ 36A は、処理室 11 内部のクリーニングに適した第 2 の制御モードが選択されると、QMS 29 が検出するイオンの数、すなわち処理室 11 の内壁面に到達するイオンの数が増える方向にフィルタ 27 のリアクタンスを制御する。これにより、処理室 11 内部のクリーニングを効率よく行うことができる。また、QMS 29 に代えて、処理容器 12 から接地に抜ける電流の値を検出する電流センサを用いてもよい。この場合、コントローラは、第 1 の制御モードにあつては電流センサが検出する電流値が小さくなる方向に、また第 2 の制御モードにあつては電流センサが検

出する電流値が大きくなる方向に、フィルタ 27 のリアクタンスを制御すればよい。

【0049】図 1 に示したエッチング装置は、サセプタ 21 から接地に抜ける電気信号を基にフィルタ 27 を制御するものであり、図 5 に示したエッチング装置は、処理容器 12 から接地に抜ける電気信号を基にフィルタ 27 を制御するものであったが、両者を組み合わせ、2 つの電気信号を基にフィルタ 27 を最適に制御するようにしてもよい。

【0050】（第 3 の実施の形態）図 6 は、本発明の第 3 の実施の形態であるエッチング装置の構成を示す図である。この図において、図 1 と同一部分を同一符号をもって示し、適宜その説明を省略する。

【0051】図 6 に示したエッチング装置は、プラズマ P を励起するための高周波電力を供給する高周波電源 34 の他に、上部電極 31 とサセプタ 21 との間にバイアスを印加するための高周波電力を供給する高周波電源 24 を有する 2 周波数型のエッチング装置である。上部電極 31 とサセプタ 21 との間にバイアスを印加することにより、プラズマ P のエネルギー及び異方性を制御しつつエッチングをすることができる。高周波電源 24 は、100kHz～13MHz 程度の周波数で、電力値が 1.0～5.0kW 程度の高周波電力を出力するものであればよい。ここでは周波数が 2MHz、電力値が 1.5kW の高周波電力を出力するものとする。なお、クリーニング時には高周波電源 24 の出力は停止されるか、又は 100～500W の低パワーの出力となる。この高周波電源 24 はマッチング回路 25 を介してサセプタ 21 に接続されている。このマッチング回路 25 は、高周波電源 24 とサセプタ 21 のインピーダンスを整合させるものであり、例えば可変コンデンサで構成され、その容量はコントローラ 26 で制御される。

【0052】一方、上部電極 31 と同電位の支持体 32 は、リアクタンスが変更自在な共振回路からなる第 2 のフィルタ 37 とを介して接地されている。サセプタ 21 から上部電極 31、支持体 32、フィルタ 37 を経て接地に至る経路を第 2 の経路と呼ぶ。フィルタ 37 のリアクタンスを変更することにより、サセプタ 21 に供給される高周波電力の周波数（2MHz）に対する第 2 の経路のインピーダンスを調整することができる。

【0053】さらに、フィルタ 37 に流れる電気信号を検出するセンサ 38 と、このセンサ 38 から出力される検出結果によりフィルタ 37 のリアクタンスを制御する制御手段が設けられている。図 6 に示したエッチング装置では、フィルタ 37 の制御手段の機能をマッチング回路 25 のコントローラ 26 にもたせている。センサ 38 及びコントローラ 26 については、それぞれ図 1 に示したセンサ 28 及びコントローラ 36 と同様に構成され、同様の機能を有している。ただし、フィルタ 37 の制御手段としてのコントローラ 26 は、サセプタ 21 に供給

される高周波電力の周波数に対する第2の経路のインピーダンスが小さくなる方向にフィルタ37のリアクタンスを制御する機能を有していればよい。

【0054】ここで、フィルタ37について更に説明する。図7は、フィルタ37の構成を示す回路図である。このフィルタ37は、直流成分の通過を阻止する第1のモジュール37Aと、サセプタ21に供給される高周波電力の周波数に対するリアクタンスが変更自在な第2のモジュール37Bと、上部電極31に供給される高周波電力の周波数(60MHz)の通過を阻止する第3のモジュール37Cとを有している。高周波電源24からサセプタ21に高周波電力を供給すると、上部電極31には数百V程度の直流電圧が発生する。第1のモジュール37Aは例えばコンデンサ37pからなり、上部電極31から接地への直流成分の通過を阻止することにより、直流成分の短絡を防止できる。

【0055】また、第2のモジュール37Bは、例えばコイル37rとコンデンサ37qとの直列回路(LC直列共振回路)で構成される。この場合、コイル37rのインダクタンス及びコンデンサ37qの容量の少なくとも一方を可変とすればよい。ここではコイル37rのインダクタンスを可変とし、コンデンサ37qの容量を固定とする。なお、第2のモジュール37Bが図7に示すようなLC直列共振回路の場合には、第2のモジュール37Bのコンデンサ37qで第1のモジュール37Aのコンデンサ37pを兼ねてもよい。また、第3のモジュール37Cは、例えばコイル37tとコンデンサ37sとの並列回路で構成され、上部電極31に供給される高周波電力の周波数(60MHz)近傍に対して高いインピーダンスをもつように設計される。これにより、上部電極31に供給された高周波電力のフィルタ37への流入を防止できる。

【0056】第1、第2のモジュール37A、37Bと第3のモジュール37Cとの間には、静電的遮蔽又は電磁的遮蔽を行うアルミニウム製又は鉄製の遮蔽板37Dが配置されている。第3のモジュール37Cと第1、第2のモジュール37A、37Bとの間に電氣的な干渉が発生した場合、第3のモジュール37Cの帯域阻止能力が大幅に低下し、フィルタ37によるパワーロスが発生して電力効率の低下を招くばかりか、場合によってはフィルタ37に過度の電流が流れてフィルタ37を焼損することもありうる。遮蔽板37Dを設けることにより、このような問題を防ぐことができる。

【0057】このような構成のフィルタ37のリアクタンスは、所定のプロセス条件の下で上記第2の経路の共振周波数 f_2 がサセプタ21に供給される高周波電力の周波数(2MHz)と等しくなり、その周波数に対するインピーダンスが最小となるように設計される。プロセス条件に応じてイオンシースSHによるインダクタンス L_{SH} 及び容量 C_{SH} が変化した場合でも上記第2の経路の

インピーダンスを最小とすることができるようリアクタンスの範囲が設定されることも、図1に示したフィルタ27と同様である。

【0058】例えば、次のようなプロセス条件の下で $f_2=2\text{MHz}$ とするためには、 $C=1500\text{pF}$ 、 $1\mu\text{H}\leq L\leq 50\mu\text{H}$ とすればよい。

- ・上部電極31に供給される高周波電力
周波数：60MHz、電力値：1.0～5.0kW
- ・サセプタ21に供給される高周波電力
周波数：2MHz、電力値：1.0～5.0kW
- ・処理圧力：0.6～10Pa
- ・プロセスガス：Ar=200～400sccm、O₂=5～20sccm

あるいは、イオンシースSHによるインダクタンス L_{SH} の変動範囲上限よりも十分に大きい固定インダクタンス L (例えば5 μH 以上)、又はイオンシースSHによる容量 C_{SH} の変動範囲下限よりも十分に小さい固定容量 C (例えば200pF以下)を用いて、フィルタ37を構成してもよい。

【0059】なお、高周波電源24からサセプタ21に供給された2MHzの高周波電力が、やはりサセプタ21に接続されたフィルタ127に流入しないように、フィルタ127は図2に示した第1、第2のモジュール27A、27Bに、2MHzの周波数の通過を阻止する第3のモジュール(図示せず)が直列接続された構成をしている。この場合、フィルタ127のリアクタンスは、第3のモジュールを含めた第1の経路全体の共振周波数 f_1 が上部電極31に供給される高周波電力の周波数(60MHz)と等しくなるように設計される。また、第1、第2のモジュール27A、27Bと第3のモジュールとの間に、静電的遮蔽又は電磁的遮蔽を行うアルミニウム製又は鉄製の遮蔽板を配置することにより、電力効率の低下と焼損を防止できる。また、図8に示すように、フィルタ127を含んだマッチング回路125を用いてもよい。

【0060】エッチング装置に上述した構成をもたせ、フィルタ37を通過する電流に基づいて上記第2の経路全体の2MHzに対するインピーダンスが小さくなる方向に制御することにより、サセプタ21に供給された高周波電力のうち処理容器12に向かう割合が減少し、上部電極31に向かう割合が増大する。これにより、バイアス印加によるプラズマPのエネルギー及び異方性の制御を従来よりも正確に行うことができる。また、プロセス条件を変更してイオンシースSHの状態が変化した場合でも、プラズマPのエネルギー及び異方性の制御を同じ正確さで行うことができる。なお、上部電極31とサセプタ21との間に印加するバイアスは直流又はパルスバイアスであってもよいので、高周波電源24に代えて直流電源を用いてもよい。また、プラズマPの状態を検出するセンサとして、図5に示したQMSなどのように

処理容器 12 の内壁面に設置されたセンサを用いてもよい。

【0061】（第4の実施の形態）図1に示したコントローラ 36 は、処理室 11 内にそれぞれ異なるプラズマ分布を実現させる制御モードを複数有し、またこれらの制御モードを切り換えるスイッチ（図示せず）を有していてもよい。例えば、処理容器 12 の内壁面に付着する堆積物が多いプロセスでは、処理容器 12 の内壁面に到達するプラズマ P の量が多くなる制御モードを選択し、フィルタ 27 のリアクタンスを制御する。これにより、内壁面に堆積物が付着しにくくなる。

【0062】一方、処理容器 12 の内壁面に付着する堆積物が少ないプロセスでは、処理容器 12 の内壁面に到達するプラズマ P の量が上述したより少なくなる制御モードを選択し、フィルタ 27 のリアクタンスを制御する。この場合、内壁面に堆積物がまったく付着しない程度にプラズマ P の到達量を比較的多くしてもよいし、内壁面に堆積物が安定して付着する程度にプラズマ P の到達量を比較的小なくしてもよい。したがって、プロセス条件を変更した場合には、そのプロセスの特性に応じて制御モードを切り換えて、処理容器 12 の内壁面に付着する堆積物の量を調整することにより、堆積物が剥離して発生するパーティクルを減少させることができる。これにより、ウェーハ W に形成される素子の歩留まりを向上させることができる。

【0063】また、図1に示したコントローラ 36 は、フィルタ 27 のリアクタンスをエッチングプロセス中に変化させるという機能を有していてもよい。例えば、処理容器 12 の内壁面に到達するプラズマ P の量をプロセス中に周期的に変化させて、処理容器 12 の内壁面に付着する堆積物が安定するように制御するようにしてもよい。また、処理容器 12 の内壁面に付着する堆積物は、その内壁面の温度が上昇すると付着しにくくなる。このため、堆積物が安定して付着するように、処理容器 12 の内壁面の温度を計測し、その計測した温度を基に、内壁面に到達するプラズマ P の量をプロセス中に変化させるようにしてもよい。また、プラズマ P の生成開始からの経過時間を計測し、その計測した時間を基に同様の制御を行ってもよい。以上のようにして、処理容器 12 の内壁面に付着した堆積物を安定化させることにより、堆積物が剥がれてパーティクルになることを防ぐことができる。これにより、ウェーハ W に形成される素子の歩留まりを向上させることができる。

【0064】また、フィルタ 27 のリアクタンスをエッチングプロセス中に変化させることにより、処理容器 12 の内壁面に付着するラジカルの量や質を変えることができる。内壁面に付着するラジカルの量や質が変化すると、内壁面から離脱する成分や量が変わるので、最適なラジカルを選ぶことにより、プロセス性能を向上させることができる。また、エッチング終点で処理室 11 内に

おけるラジカル構成が変わり、ラジカルの内壁面への付着し易さや内壁面からの離脱し易さが変わる。そこで、プロセス条件の一つとしてフィルタ 27 のリアクタンスを変えて、エッチング終点でのラジカル構成の変化がなくなるようにしてもよい。

【0065】なお、コントローラ 36 によるフィルタ 27 のリアクタンスの制御は、予め設定された手順にしたがって行われるようにしてもよいし、エッチング終点を示す E P D (End Point Detection) 信号などの検出信号に基づいて行われるようにしてもよい。コントローラ 36 の以上の機能を、図6に示したコントローラ 26 にフィルタ 37 に対する機能としてもたせてもよい。

【0066】（第5の実施の形態）図1に示したコントローラ 36 は、処理室 11 内における異常放電の発生が抑制されるように、フィルタ 27 のリアクタンスを適宜制御する機能を有していてもよい。例えば、フィルタ 27 に流れる電流の値が大きいほど、異常放電は発生しにくくなる。したがって、高周波電流センサ 28 A でフィルタ 27 に流れる電流の値を検出し、検出された電流値が大きくなる方向にコントローラ 36 でフィルタ 27 のリアクタンスを制御して、電流値を最大にすることにより、異常放電の発生を抑制することができる。

【0067】また、フィルタ 27 に流れる電流の値に代えて、フィルタ 27 にかかる電圧の値を基にフィルタ 27 のリアクタンス制御を行ってもよい。なお、フィルタ 27 に流れる電流の最大値など、異常放電抑制に効果がある調整値に調整されているか否かは、センサ 28 の検出結果から知ることができる。このコントローラ 36 の機能を、図6に示したコントローラ 26 にフィルタ 37 に対する機能としてもたせてもよい。

【0068】以上では、平行平板型エッチング装置を例にして説明したが、本発明は誘導結合プラズマエッチング装置及びマイクロ波プラズマエッチング装置などにも適用できる。また、エッチング装置のみでなく、例えばプラズマ C V D 装置など、他のプラズマ処理装置に適用してもよいことは言うまでもない。

【0069】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のプラズマ処理装置では、プラズマの状態を検出するセンサと、その検出結果によりサセプタと接地との間に接続された第1のフィルタの回路特性を制御する制御手段とを備えている。これにより、サセプタの載置面の対向位置に交流電界を発生させる電界発生手段からサセプタ及びフィルタを経て接地に至る第1の経路のインピーダンスをプラズマの状態に応じて調整することができる。このため、プラズマ処理の目的に応じた好ましいプラズマ分布を実現して、処理効率を向上させることができる。また、プラズマによる処理室の内壁面へのエッチングを抑制して、処理室の寿命を延ばすことができると共に、パーティクルの発生を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 の実施の形態であるエッチング装置の構成を示す図である。

【図 2】 第 1 のフィルタの構成を示す回路図である。

【図 3】 図 1 に示したセンサの構成を示す図である。

【図 4】 上部電極からサセプタ及びフィルタを介して接地に至る第 1 の経路の周波数特性を示す図である。

【図 5】 本発明の第 2 の実施の形態であるエッチング装置の構成を示す図である。

【図 6】 本発明の第 3 の実施の形態であるエッチング装置の構成を示す図である。

【図 7】 第 2 のフィルタの構成を示す回路図である。

【図 8】 第 1 のフィルタとマッチング回路とを一体形成した構成を示す図である。

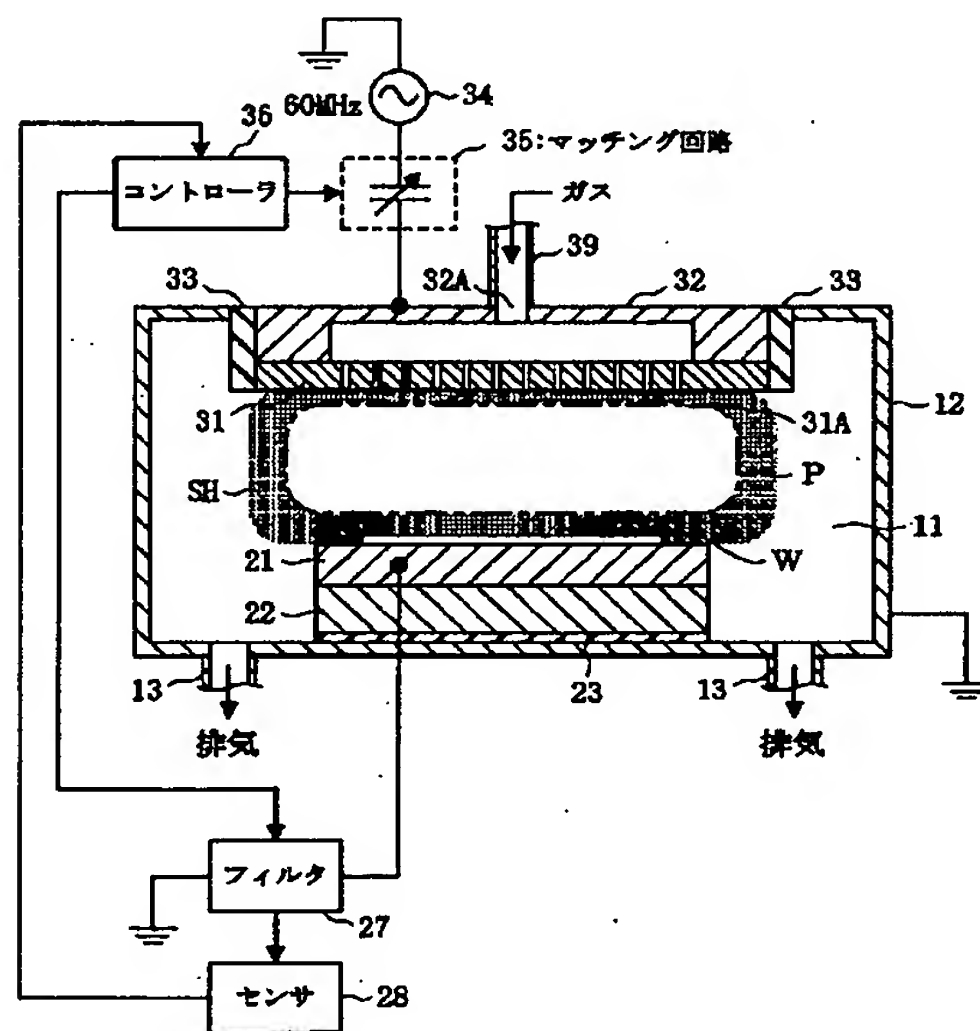
【図 9】 従来のプラズマ処理装置を用いたエッチング装置の一構成例を示す図である。

【図 10】 図 9 に示したエッチング装置で用いられるフィルタの周波数特性、及び上部電極からサセプタ及びフィルタを経て接地に至る経路の周波数特性を示す図である。

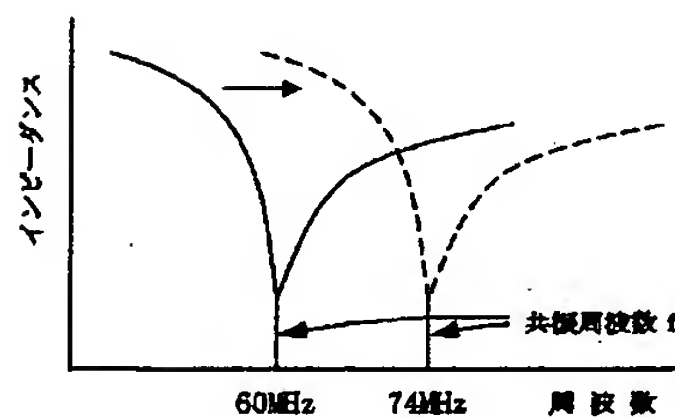
【符号の説明】

11…処理室、12…処理容器、21…サセプタ、24, 34…高周波電源、26, 36, 36A…コントローラ、27, 37, 127…フィルタ、27A, 27B, 37A～37C…モジュール、37D…遮蔽板、28, 38…センサ、29…QMS、31…上部電極、P…プラズマ、SH…イオンシース、W…ウェーハ。

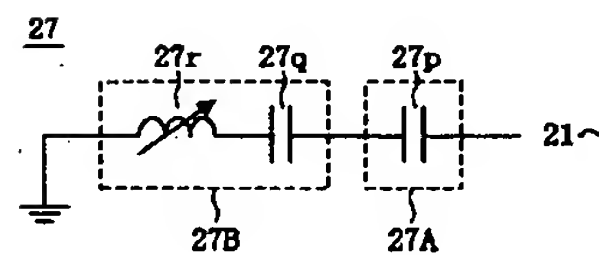
【図 1】



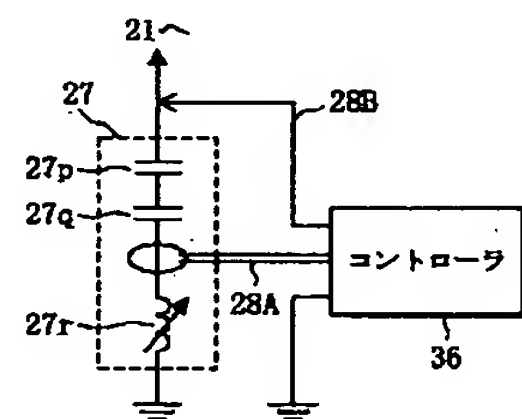
【図 4】



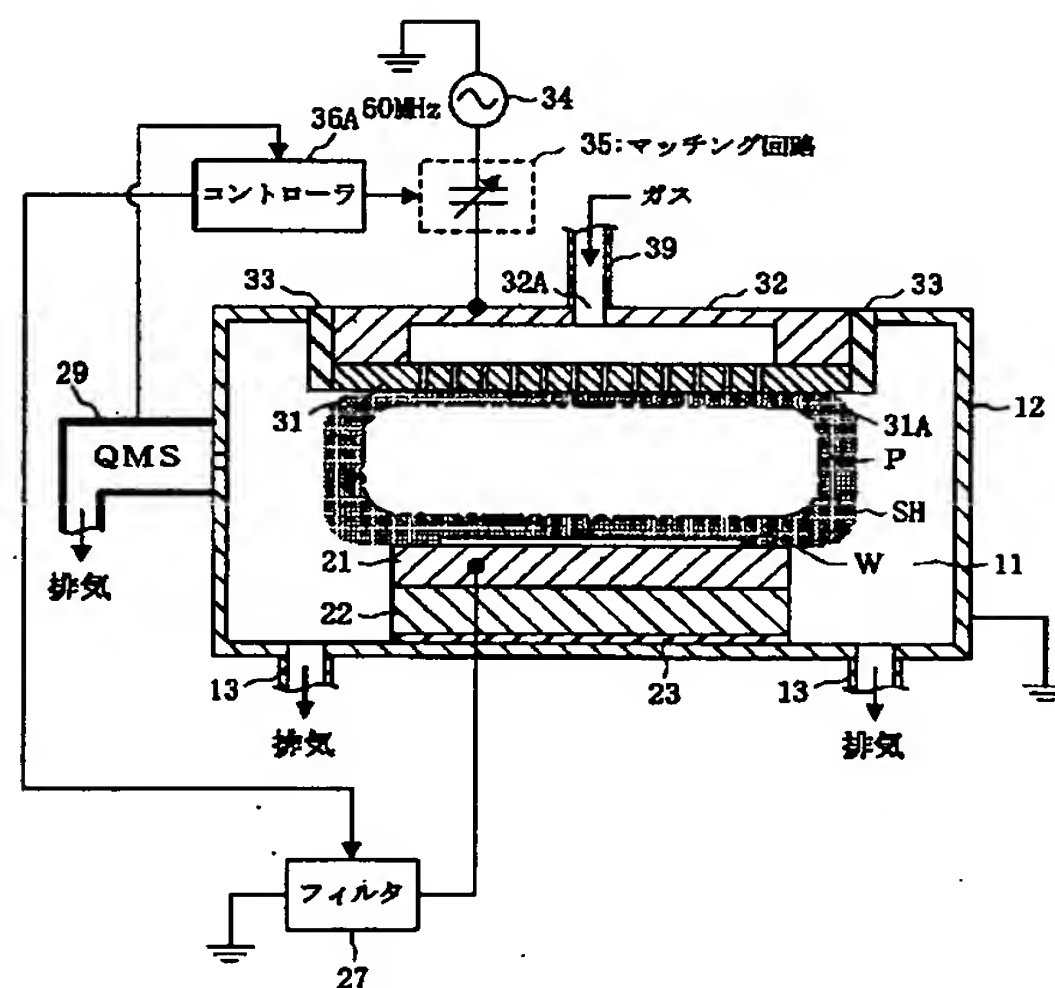
【図 2】



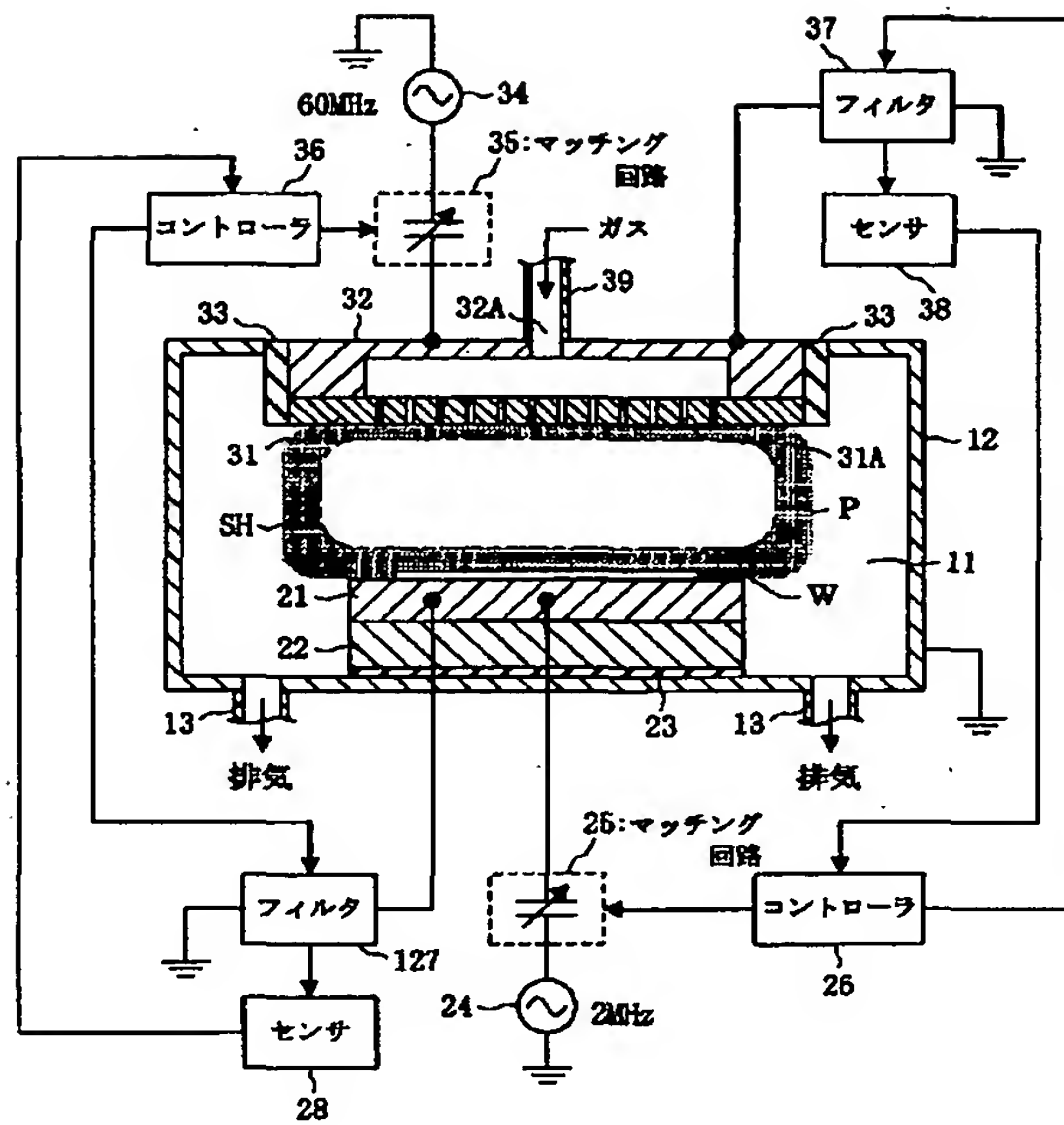
【図 3】



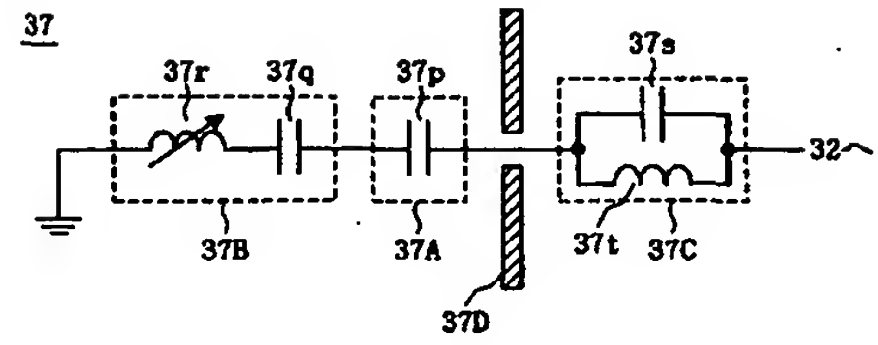
【図 5】



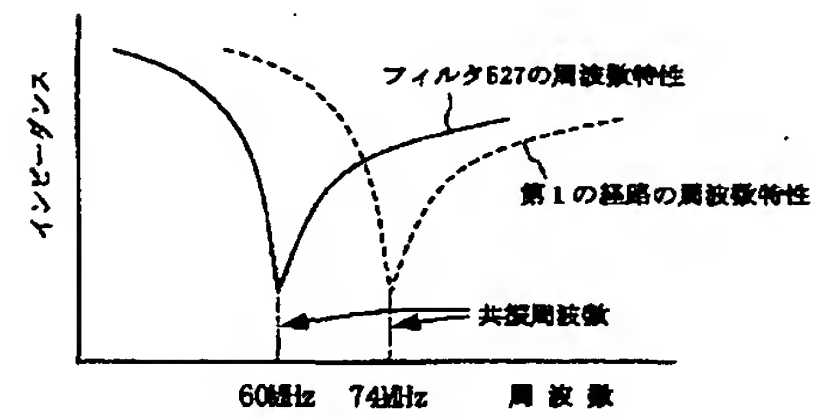
【図6】



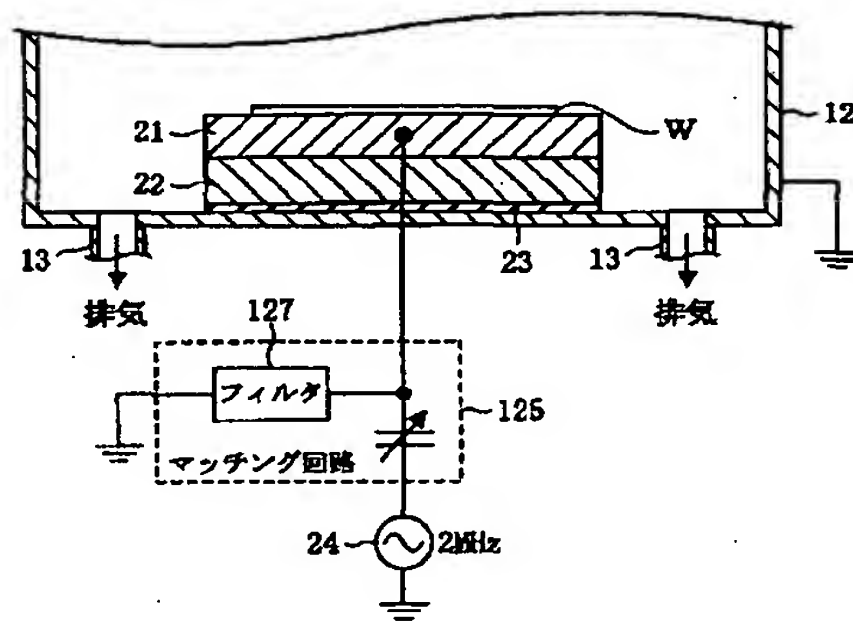
【図7】



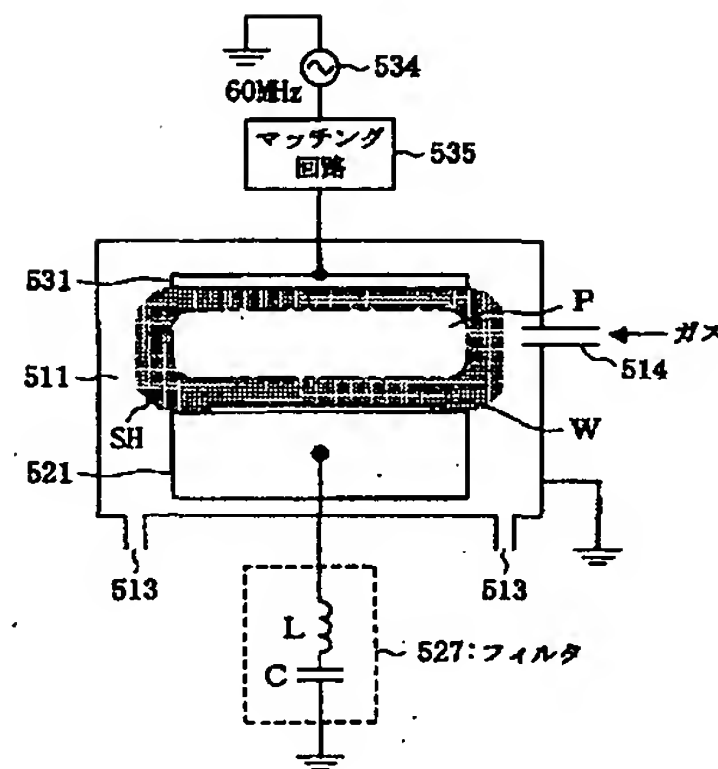
【図10】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷ 識別記号

H05H 1/00

1/46

F I

H05H 1/46

R

5-77-00 (参考)

M

H01L 21/302

B

F ターム(参考) 4G075 AA24 AA30 AA61 BC04 BC05
BC06 CA14 DA01 EB42 EC21
FB02
4K030 BA42 FA03 HA07 HA16 KA12
KA30 KA32 KA39 KA41 LA15
LA18
5F004 AA06 AA14 BA00 BA09 BB11
BB18 BB28 BB32 BD04 CA06
5F045 AA08 BB15 BB16 DP03 DQ10
EF05 EH05 EH13 EH20 GB08